

Deceleration warning device.

Patent Number: ☐ EP0611679, A3, B1
Publication date: 1994-08-24
Inventor(s): GERHAHER MAX DIPL-ING (DE)
Applicant(s):: GERHAHER FRANZ (DE); GERHAHER MAX (DE)
Requested Patent: ☐ DE4305186
Application Number: EP19940102490 19940218
Priority Number (s): DE19934305186 19930219
IPC Classification: B60Q1/44
EC Classification: B60Q1/44
Equivalents: AU5522394, AU710891, ☐ BR9400618, CA2115952, CN1104361, CZ9400365, ☐ JP7006300, MX9401278, RU2124991

Abstract

A deceleration warning device and a method for its control serve to reduce the risk of rear-end collisions in road traffic or in other movement processes. In order to avoid or to reduce the disadvantages of conventional brake lights and flashing hazard warning systems, the intensity of warning given by the deceleration warning device of a vehicle travelling ahead is dependent on the size of the risk value G which originates from this vehicle and can be effective for subsequent vehicles.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 43 05 186 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁵:
B 60 Q 1/50
B 60 Q 1/44

②1 Aktenzeichen: P 43 05 186.3
②2 Anmeldetag: 19. 2. 93
④3 Offenlegungstag: 1. 9. 94

DE 43 05 186 A 1

⑦1 Anmelder:
Gerhaher, Max, Dipl.-Ing., 94405 Landau, DE;
Gerhaher, Franz, Dipl.-Kaufm. Dr., 94315 Straubing,
DE

⑦4 Vertreter:
Lorenz, E.; Gossel, H., Dipl.-Ing.; Philipps, I., Dr.;
Schäuble, P., Dr.; Jackermeier, S., Dr.; Zinnecker,
A., Dipl.-Ing., Rechtsanwälte; Laufhütte, H.,
Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw.; Ingerl, R., Dr.,
Rechtsanw., 80538 München

⑦2 Erfinder:
Gerhaher, Max, Dipl.-Ing., 94405 Landau, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verzögerungswarnanlage

⑤7 Eine Verzögerungswarnanlage und ein Verfahren für deren
Steuerung dienen zur Reduzierung der Gefahr von Auffahr-
unfällen im Straßenverkehr oder bei sonstigen Bewegungs-
vorgängen. Um die Nachteile der konventionellen Bremslich-
ter und Warnblinkanlagen zu vermeiden oder zu vermindern,
ist die Intensität der Warnung durch die Verzögerungswarn-
anlage eines vorausfahrenden Fahrzeugs abhängig von der
Höhe des Gefahrenwertes G, der von diesem Fahrzeug
ausgeht und für nachfolgende Fahrzeuge wirksam werden
kann.

DE 43 05 186 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Anlage und ein Verfahren zu deren Steuerung durch welche die Gefahr von Auffahrunfällen im Straßenverkehr reduziert wird.

Bei den Toten und Verletzten sowie bei den Sachschäden durch Verkehrsunfälle geht ein besonders hoher Anteil auf Auffahrunfälle zurück. Zwar wurden in den letzten Jahrzehnten große Fortschritte bei der Weiterentwicklung des passiven Unfallschutzes erzielt, durch welche die Unfallfolgen insbesondere für die Fahrzeuginsassen vermindert werden. Hier sei nur auf Knautschzone, Anschnallgurte, Kopfstützen und Airbag hingewiesen.

Die Weiterentwicklung des etwa in den 20er Jahren bekanntgewordenen und danach gesetzlich eingeführten Bremslichtes hat dagegen kaum Fortschritte gemacht. Die Bremslichter wurden lediglich etwas heller und etwas größer und leuchten auch schon auf, sobald das Bremspedal, ohne Abbremsung des Fahrzeugs, einen bestimmten Leerweg zurückgelegt hat. In den USA gibt es neuerdings ein drittes Bremslicht in Fahrzeugmitte.

Die wesentlichen Nachteile der bekannten Bremslichter konnten jedoch durch diese Verbesserungen nicht beseitigt werden. Die Bremslichter leuchten nur bei Betätigung der Fußbremse, nicht jedoch beim Ausrollenlassen des Fahrzeugs also bei der Verzögerung durch Gaswegnehmen oder durch Einschalten einer zusätzlichen Motor- oder Wirbelstrombremse und auch nicht bei Verzögerung durch den Luftwiderstand. Diese Ursachen können sowohl bei hoher Geschwindigkeit (überwiegend durch den Luftwiderstand) und bei geringer Geschwindigkeit (überwiegend durch das Motorbremsmoment) zu einer Verzögerung von etwa 1,5 bis 2 m/sec² führen. Bei einem unbeladenen LKW und gleichzeitiger Betätigung von Motorbremse und Wirbelstrombremse können sogar bis über 3 m/sec² erreicht werden und dies alles ohne Bremslicht. Diese Verzögerungen entsprechen bereits etwa 15 bis 30% der Verzögerung bei einer Notbremsung auf trockener Straße und etwa 50 bis 100% der Verzögerung einer Notbremsung auf verschneiter Straße. Es wird also bereits allein durch Gaswegnehmen über eine Dauer von mehreren Sekunden eine Differenzgeschwindigkeit zu einem nachfolgenden Fahrzeug aufgebaut, welche die Gefahr eines Auffahrunfalls in sich birgt, ohne daß das Bremslicht aufleuchtet. Dies wirkt sich insbesondere in all den Fällen verschärfend aus, in welchen dem eigentlichen Bremsvorgang (mit Bremslicht) ein längerer Ausrollvorgang (ohne Bremslicht) vorangegangen ist. Gerade bei Einhaltung eines ausreichend großen Sicherheitsabstandes ist nämlich die bremslichtlose Verzögerung optisch kaum wahrnehmbar, da auf große Entfernung der Effekt des räumlichen Sehens fast Null ist. Außerdem ist auch der optische Effekt des Größerwerdens des Objektes (nämlich des vorausfahrenden Fahrzeugs) durch Annäherung bei großen Entfernungen minimal und schlecht erkennbar, da z. B. bei der Entfernung von 100 m durch die Annäherung um 10 m nur eine Vergrößerung von 11% verursacht wird; bei einer Entfernung von 20 m wird sich jedoch durch eine Annäherung um 10 m die Größe des voranfahrenden Fahrzeugs verdoppeln.

Durch die fehlende Frühwarnung wird außerdem gerade am Beginn der erforderlichen Abbremsung des nachfolgenden Fahrzeugs wertvolle Zeit "verschenkt", da der im gleichen Zeitraum "verschenkte" Bremsweg bei hoher Geschwindigkeit viel länger ist, als gegen Ende des Bremsvorganges bei geringer Geschwindigkeit. Ein auf große Entfernungen wirksamer Frühwarneffekt wird aber gerade durch das konventionelle Bremslicht in keiner Weise erreicht.

Ein weiterer Nachteil des üblichen Bremslichtes ist darin begründet, daß die Warnung durch Aufleuchten nur solange anhält, als gebremst bzw. das Bremspedal betätigt wird. Durch Lösen der Bremse ist jedoch noch nicht die Gefahr des Auffahrunfalles beseitigt, da die durch den Bremsvorgang verursachte Differenzgeschwindigkeit zum nachfolgenden Fahrzeug immer noch vorhanden ist. Das Bremslicht vermittelt durch das Erlöschen vielmehr den irreführenden Eindruck, daß die Gefahr inzwischen beseitigt sei.

Nachteilig wirkt sich auch aus, daß die Intensität der Warnung bei den konventionellen Bremslichtern unabhängig ist von der Höhe der Bremsverzögerung. Dies kann einerseits zu übersteigerten Schreckreaktionen führen (z. B. scharfes Bremsen bei zu geringem Sicherheitsabstand) und dadurch unfallauslösend wirken; andererseits fehlt aber auch die erforderliche erhöhte Intensität der Warnung die z. B. bei Notbremsungen mit hoher Bremsverzögerung erforderlich wäre.

Seit etwa 20 Jahren ist die sogen. Warnblinkanlage gesetzlich vorgeschrieben. Dabei handelt es sich um eine manuelle Einschaltung aller 4 Richtungsanzeiger, welche dann im Gleichtakt aufblinken und wieder erlöschen. Die Betätigung ist vorgeschrieben zur Sicherung stehender Fahrzeuge auf Schnellverkehrsstraßen (z. B. im Stau) oder beim Abschleppen von Fahrzeugen. Es handelt sich quasi um ein Dauerbremslicht, welches sich sehr gut bewährt hat, da es von versierten Fahrern auf der Autobahn auch schon eingeschaltet wird, wenn ein Stau oder Unfall weit voraus erkennbar ist. Der Nachteil der Warnblinkanlage liegt jedoch darin, daß sie manuell betätigt werden muß und dazu gerade im Falle einer Notbremsung, also im Falle der besonders erhöhten Gefahr, keine Zeit mehr bleibt und auch der Fahrer nicht durch zusätzliche Tätigkeiten abgelenkt werden sollte. Auch nach einem Auffahrunfall sind viele Fahrer durch Schockwirkung oder Verletzung nicht in der Lage, die Warnblinkanlage einzuschalten.

Manche erfahrene Fahrer, warnen den nachfolgenden Verkehr durch intermittierendes Bremsen und dadurch intermittierendes Aufleuchten der Bremslichter (wenn das Bremspedal genügend weit gelöst wird). Diese Methode hat jedoch den großen Nachteil, daß sie nur bei geringen Bremsverzögerungen und ausreichender langer Zeit anwendbar ist, nicht jedoch, wenn wirklich Gefahr in Verzug und hohe Bremsverzögerung erforderlich ist.

Eine weitere Entwicklung, an welcher seit Jahren ohne durchschlagenden Erfolg gearbeitet wird, ist das sogen. Abstandsradar. Es löst bei Unterschreitung des erforderlichen Sicherheitsabstandes durch das nachfolgende Fahrzeug bei diesem selbst ein optisches oder akustisches Signal aus oder wirkt sogar derart auf dieses ein, daß es automatisch verzögert wird. Die Nachteile des Abstandsradars sind sehr vielfältig und werden wie folgt kurz erläutert: Eine akustische oder optische Warnung (am Armaturenbrett) lenkt eher ab, als daß sie die Aufmerksamkeit erhöht, da sie nicht, wie das zweckmäßig ist, von der Stelle ausgeht, welche eine Gefahr darstellt, nämlich

von dem vorausfahrenden Fahrzeug. Die Radaranlage reagiert auch nicht auf die besonders gefährliche Differenzgeschwindigkeit sondern nur auf die Unterschreitung des Sicherheitsabstandes. Ein weiterer Nachteil liegt darin, daß der Fahrer viel zu häufig gewarnt wird, nämlich z. B. auch dann, wenn ein vor ihm einscherendes Fahrzeug den Sicherheitsabstand unterschreitet; hier bedarf es keiner zusätzlichen Warnung, da der Vorgang auch für den weniger aufmerksamen Fahrer sehr auffällig in Erscheinung tritt. Auch eine automatische Abbremsung oder Unterbrechung des Antriebes durch das Abstandsradar wäre überdies ein so starker Eingriff in den Fahrvorgang, daß er in vielen Fällen sogar unfallauslösend sein könnte.

Neuerdings wurde vorgeschlagen, daß durch das Gaswegnehmen (Gaspedalbewegung) ein orangefarbenes "Bremslicht" als Vorwarnung zum eigentlichen — roten — Bremslicht aufleuchtet. Der Vorteil liegt darin, daß auch Verzögerungen durch Gaswegnehmen angezeigt werden und bei sofort nachfolgendem Bremsvorgang die Reaktionszeit um den Zeitbedarf für das Umsetzen des Fußes auf das Bremspedal, also um einige Zehntel-Sekunden, verkürzt wird. Der Nachteil dieser Vorrichtung liegt darin, daß sie bei jedem auch nur kurzfristigen Gaswegnehmen anspricht und die Aufmerksamkeit nachfolgender Fahrer durch Reizüberflutung sinkt. Durch diese Schaltung besteht deshalb die Gefahr, daß die Zahl der Auffahrunfälle eher erhöht wird, da der eigentliche Bremsvorgang mit dem roten Bremslicht nicht mehr deutlich genug registriert wird.

Bei einer weiteren Entwicklung wird daran gearbeitet, die Ansprechzeit der Bremsleuchten, die üblicherweise bis zur vollen Lichtleistung bei 0,20 bis 0,25 Sekunden liegt, zu verkürzen. Dies kann z. B. durch Schwachstromvorheizung als auch durch Verwendung von Leuchtdioden an Stelle der Glühlampen erfolgen. In beiden Fällen kann die Ansprechzeit um etwa 0,10 bis 0,15 Sekunden verkürzt werden. Dies ist gewiß ein kleiner Fortschritt, da der Bremsweg bei einer Geschwindigkeit von z. B. 100 km/Std. um 3 bis 4,5 m, bei 150 km/Std. proportional dazu um 4,5 bis fast 7 m verkürzt wird. Die oben beschriebenen grundsätzlichen Nachteile des konventionellen Bremslichtes werden jedoch auch dadurch nicht vermindert oder gar beseitigt.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, eine Verzögerungswarnanlage und ein Verfahren zu deren Steuerung vorzuschlagen, durch welche die Gefahr von Auffahrunfällen im Straßenverkehr oder bei sonstigen Bewegungsvorgängen reduziert wird und durch welche die Nachteile der konventionellen Bremslichter und Warnblinkanlagen vermieden oder vermindert werden.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Hauptanspruchs gelöst. Die erfindungsgemäße Verzögerungswarnanlage wird dabei so gesteuert, daß die Intensität ihrer Warnung nach bestimmten Funktionen abhängig ist von der Höhe des Gefahrenwertes G, der von dem Fahrzeug, in dem sie eingebaut ist, ausgeht und für nachfolgende Fahrzeuge wirksam werden kann. Durch die Abhängigkeit der Intensität der Warnung von der Höhe des Gefahrenwertes wird erreicht, daß der Fahrer des nachfolgenden Fahrzeugs gerade dann besonders intensiv gewarnt wird, wenn die Gefahr eines Auffahrunfalles akut wird, bei unkritischen Zuständen aber seine Aufmerksamkeit nicht über Gebühr beansprucht wird, um ihn nicht unnötig abzulenken und durch Reizüberflutung zu ermüden. Dabei soll die Verzögerungswarnanlage nicht erst bei Verzögerung durch Betätigung der Fußbremse ansprechen sondern auch bereits bei Verzögerung durch Betätigung der Motor- oder der Wirbelstrombremse sowie beim Gaswegnehmen. Es ist vorteilhaft, daß die Verzögerungswarnanlage erst anspricht, wenn die Verzögerung einen bestimmten relativ geringen Wert von z. B. 0,05 m/sec² überschreitet. Bei Unterschreitung dieses Wertes spricht dann die Warnanlage nicht unnötigerweise und somit nicht zu häufig an.

Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Vorzugsweise besteht die Verzögerungswarnanlage aus zwei oder mehreren Verzögerungslichtern an Stelle der bisherigen Bremslichter, welche bei Überschreiten eines festgelegten weiteren Grenzwertes der Verzögerung z. B. 0,5 bis 1 m/sec² zu blinken beginnen. Das hat den Vorteil, daß der Fahrer des nachfolgenden Fahrzeugs intensiver gewarnt wird, sobald das vorausfahrende Fahrzeug kräftiger abgebremst wird.

Besonders vorteilhaft ist es dabei, die Höhe des Gefahrengesamtwerkes ΣG aus der mittleren Verzögerung und der Zeitdauer der Verzögerung zu ermitteln, da auch durch relativ langsames Abbremsen aus hoher Geschwindigkeit über einen langen Zeitraum bis zu sehr niedriger Geschwindigkeit oder gar bis zum Stand hohe Gefahrengesamtwerte entstehen können. Besonders deutlich wird dies bei geringer Verkehrsdichte und großen Fahrzeugabständen auf der Autobahn, da die Verzögerung des voranfahrenden Fahrzeuges wegen des großen Abstandes nur undeutlich wahrgenommen wird. Bei kleineren Abständen wird dagegen die Verringerung des Abstandes durch räumliches Sehen und durch rasche optische Vergrößerung des voranfahrenden Fahrzeugs viel deutlicher wahrgenommen.

Zweckmäßigerweise wird an Stelle der mittleren Verzögerung die jeweils veränderliche Verzögerung b über die Zeitdauer t integriert und zwar nach einer bestimmten Funktion z. B. nach der Formel:

$$\Sigma G_A = \int_0^t b \, dt$$

Da sich aber nach der Formel

$$s = \frac{v^2}{2b}$$

bei erhöhter Verzögerung der Bremsweg umgekehrt proportional zur Verzögerung b verkürzt, erhöht sich gleichzeitig die Gefahr für das nachfolgende Fahrzeug.

Nach der Formel

$$G_1 = \int_0^t b \, dt$$

wird dies aber nicht berücksichtigt, da das Integral bei umgekehrt proportionaler Änderung von b und t (nach der Formel $t = v : b$) den gleichen Wert behält. Zweckmäßigerweise wird deshalb zur Feststellung des integrier-
ten Gefahrengesamtwerthes G_2 die Höhe der jeweiligen Verzögerung verstärkt berücksichtigt. Dies kann da-
durch erfolgen, daß z. B. der Wert der Bremsverzögerung in eine bestimmte Potenz erhoben wird. Setzt man die
Verzögerung in die zweite Potenz, so erhöht sich bei einer Erhöhung der Bremsverzögerung auch der Gefahren-
gesamtwert ΣG_2 , und zwar umgekehrt proportional zur Länge des Bremsweges wie folgt.

$$\Sigma G_2 = \int_0^t b^2 \, dt$$

Außerdem ist es aber z. B. möglich, statt der verstärkten Berücksichtigung der Verzögerung durch b^2 den
Zeitablauf t abgeschwächt zu berücksichtigen z. B. durch \sqrt{t} , woraus sich ein ähnlicher Effekt ergibt. Selbstver-
ständlich ist es auch möglich, die Verzögerung oder die Zeit in einer anderen Potenz zu berücksichtigen; dies ist
aber mehr die Angelegenheit einer empirischen Optimierung.

Erfahrungsgemäß steigt die Höhe der Gefahr mit der Geschwindigkeit, bei welcher sich Auffahrunfälle
ereignen. Führt nämlich ein Fahrzeug mit einer Geschwindigkeit von z. B. 30 km/Std. auf ein (gleich schweres)
stehendes Fahrzeug auf, so wird das stehende Fahrzeug je nach Deformation, Energievernichtung und Restenergie
etwas beschleunigt, kann aber leicht wieder abgebremst werden (falls es nicht sowieso auf ein davorstehen-
des Fahrzeug aufgeschoben wird). Das auffahrende Fahrzeug kommt durch den Unfall ebenfalls zum Stehen, so
daß, abgesehen von weiteren möglichen Auffahrunfällen dieser Unfall abgeschlossen ist. Ereignet sich jedoch
der Auffahrunfall mit der gleichen Geschwindigkeitsdifferenz von 30 km/Std. bei einer Geschwindigkeit von z. B.
150 km/Std. für das vorausfahrende bzw. 180 km/Std. für das nachfolgende Fahrzeug, so ist zwar der durch den
Auffahrunfall verursachte Schaden etwa gleich groß wie bei dem Aufprall auf ein stehendes Fahrzeug, da sich die
vernichtete Energie aus dem Quadrat der Geschwindigkeitsdifferenz vor und nach dem Unfall errechnet. In der
Regel kommen jedoch die beiden Fahrzeuge bei hohen Geschwindigkeiten durch den Aufprall oder durch die
verletzungs- oder schockbedingten Reaktionen der Fahrer ins Schleudern, so daß der an sich noch relativ
harmlose Auffahrunfall nunmehr zum Auslöser für einen oder mehrere nachfolgende, wesentlich schwerere
Unfälle werden kann.

Auch aus einem weiteren Grund steigt die vom vorausfahrenden Fahrzeug ausgehende Gefahr bei höherer
Geschwindigkeit erheblich an: Der Bremsweg steigt nämlich im Quadrat der gefahrenen Geschwindigkeit. Der
durch Rechtsprechung empfohlene sogen. "halbe Tachoabstand" ist deshalb nur dann ausreichend, wenn auch
das vorausfahrende Fahrzeug mit der Betriebsbremse und damit unter etwa ähnlichen Bedingungen abgebremst
wird. Führt dagegen ein vorausfahrendes Fahrzeug auf ein stehendes Hindernis auf, so daß es mit einem
Bremsweg von annähernd Null abgebremst wird, so kann unter Berücksichtigung einer bestimmten Reaktions-
zeit ein gleich schnelles, nachfolgendes Fahrzeug nur bei relativ geringen Geschwindigkeiten ohne Auffahrunfall
abgebremst werden.

1. Beispiel

Geschwindigkeit beider Fahrzeuge $v_0 = 50 \text{ km/h} = 13,9 \text{ m/sec}$; Abstand $a = \frac{1}{2} v = 25 \text{ m}$; Aufprall des ersten
Fahrzeugs auf stehendes Hindernis; Reaktionszeit $t = 1 \text{ sec.}$ und maximale Bremsverzögerung $b = 8,7 \text{ m/sec}^2$
(auf trockener Fahrbahn):

$$\begin{aligned} \text{Reaktionsweg:} & s_1 = v_0 \times t = 13,9 \times 1 = 13,9 \text{ m;} \\ \text{Restbremsweg:} & s_2 = a - s_1 = 25 - 13,9 = 11,1 \text{ m;} \\ \text{Geschwindigkeitsdifferenz: } \Delta v &= \sqrt{2 b s_2} = \sqrt{2 \times 8,7 \times 11,1} = 13,9 \text{ m/sec} = 50 \text{ km/h;} \\ \text{Aufprallgeschwindigkeit: } v_A &= v_0 - \Delta v = 50 - 50 = 0 \text{ km/h.} \end{aligned}$$

Bei voller Ausnutzung der möglichen Bremsverzögerung reicht der Restbremsweg von 11,1 m gerade noch
aus, um das nachfolgende Fahrzeug von 50 km/h ohne Auffahrunfall bis zum Stand abzubremsen.

2. Beispiel

$$v_0 = 100 \text{ km/h} = 27,8 \text{ m/sec}; a = \frac{1}{2} v = 50 \text{ m}; t = 1 \text{ sec.}; b = 8,7 \text{ m/sec}^2.$$

Reaktionsweg: $s_1 = v_0 \times t = 27.8 \times 1 = 27.8 \text{ m}$
 Restbremsweg: $s_2 = a - s_1 = 50 - 27.8 = 22.2 \text{ m}$
 Geschwindigkeitsdifferenz: $\Delta v = \sqrt{2 \times b \times s} = \sqrt{2 \times 9.7 \times 22.2} = 19.7 \text{ m/sec.} = 71 \text{ km/h}$
 Aufprallgeschwindigkeit: $v_A = v_0 - \Delta v = 100 - 71 = 29 \text{ km/h}$.

5

Bei gleicher Reaktionszeit und gleicher Bremsverzögerung wie im 1. Beispiel kommt es trotz Einhaltung des vorgeschriebenen Sicherheitsabstandes zu einem Auffahrunfall mit einer Aufprallgeschwindigkeit von 29 km/h.

Bei einer $v_0 = 150 \text{ km/h}$ bleibt eine Aufprallgeschwindigkeit von 63 km/h; bei einer $v_0 = 200 \text{ km/h}$ eine solche von 100 km/h.

10

Bei einer besonders vorteilhaften Variante der erfindungsgemäßen Verzögerungswarnanlage wird deshalb bei der Ermittlung des Gefahrengesamtwerthes ΣG die vor der Verzögerung gefahrene Geschwindigkeit v_0 berücksichtigt. Wird dabei die Ausgangsgeschwindigkeit v_0 in m/sec. eingesetzt, so ergibt sich mit einem Exponenten zwischen 1,8 bis 2,2 eine wirksame Berücksichtigung derselben.

15

$$\text{z. B. } \Sigma G_3 = v_0 + \int_0^t b^2 dt$$

20

Bei einer anderen Variante wird dagegen zur Ermittlung des Gefahrengesamtwerthes die vor der Verzögerung gefahrene Geschwindigkeit v_0 als Faktor berücksichtigt. Dies hat den Vorteil besonderer Einfachheit, da der Gefahrengesamtwerth G_4 proportional abhängig ist von der Ausgangsgeschwindigkeit v_0 .

25

$$\text{z. B. } \Sigma G_4 = v_0 \times \int_0^t b^2 dt$$

30

Setzt sich eine Bremsverzögerung aus mehreren einzelnen aber zusammengehörigen Verzögerungen zusammen, so wird als v_0 zweckmäßigerweise die Geschwindigkeit vor der ersten Bremsverzögerung angesetzt.

Bei einer anderen vorteilhaften Ausführungsform wird außerdem der Straßenzustand, also der Reibungsbeiwert berücksichtigt. Die Beispiele 1 bis 3 sind nämlich nur zutreffend für trockene und griffige Straßenbeläge auf welcher hohe Bremsverzögerungen (hier z. B. 8.7 m/sec^2) möglich sind. Der erforderliche Bremsweg ist nämlich umgekehrt proportional zum Reibungsbeiwert und damit zu der maximal möglichen Bremsverzögerung. Bei Annahme von nassen Fahrbahnen mit einer maximal möglichen Bremsverzögerung von z. B. 5 m/sec^2 erhöhen sich die Aufprallgeschwindigkeiten analog zu den obigen Beispielen ganz erheblich; wie aus folgender Tabelle ersichtlich ist.

40

Bei $v_0 = 50 \text{ km/h}$ eine $v_A = 12 \text{ km/h}$
 Bei $v_0 = 100 \text{ km/h}$ eine $v_A = 46 \text{ km/h}$
 Bei $v_0 = 150 \text{ km/h}$ eine $v_A = 84 \text{ km/h}$
 Bei $v_0 = 200 \text{ km/h}$ eine $v_A = 124 \text{ km/h}$.

45

Besonders gravierend wird dies z. B. bei eisglatter Fahrbahn z. B. einer möglichen Bremsverzögerung von z. B. 1 m/sec^2 ; dabei erhöhen sich die Aufprallgeschwindigkeiten extrem:

Bei $v_0 = 50 \text{ km/h}$ eine $v_A = 33 \text{ km/h}$
 Bei $v_0 = 100 \text{ km/h}$ eine $v_A = 76 \text{ km/h}$.

50

Bei einer verbesserten Ausführungsvariante wird der Straßenzustand dadurch berücksichtigt, daß während der Dauer des Ansprechens des Antiblockiersystems (ABS) der integrierte Gefahrengesamtwerth zusätzlich erhöht wird. Dies kann z. B. durch einen Faktor erfolgen, welcher dem Reziprokwert des mittleren Bremsdruckes aller Radbremszylinder entspricht. Der hydraulische Bremsdruck ist nämlich annähernd proportional der Bremsverzögerung. Baut sich nämlich aufgrund des geringen Reibungsbeiwertes (zwischen Reifen und Straße) bis zum Ansprechen des ABS nur ein geringer Bremsdruck auf, so signalisiert dies die volle Ausnutzung der möglichen Bremsverzögerung auf glatter Fahrbahn. Die Berücksichtigung des durchschnittlichen Bremsdruckes hat dabei den Vorteil, daß das Ansprechen des ABS an nur einem Rad oder an den Rädern nur einer Seite nicht überbewertet wird. Auch dabei muß die Optimierung weitgehend empirisch erfolgen.

55

Bei einer weiteren verbesserten Ausführungsvariante wird auch die erhöhte Gefahr eines Auffahrunfalles berücksichtigt, die durch zu nahes Auffahren des nachfolgenden Fahrzeugs entsteht. Durch den Einbau eines nach hinten gerichteten Abstandradars kann der Gefahrengesamtwerth zusätzlich in dem Maß erhöht werden, indem ein bestimmter, geschwindigkeitsabhängiger Mindestabstand z. B. der halbe Tachoabstand unterschritten wird. Dies kann z. B. durch Multiplikation des Gefahrengesamtwerthes mit dem Faktor v_0/s oder z. B. in erhöhtem Maße mit dem Faktor $(v_0/s)^2$ berücksichtigt werden. Der Vorteil liegt darin, daß bei erhöhter Geschwindigkeit der integrierte Gefahrengesamtwerth proportional bzw. überproportional zur Geschwindigkeit gesteigert wird,

65

wie das der Realität entspricht. Außerdem wird dadurch auch der Gefahrengesamtwert umgekehrt proportional bzw. umgekehrt überproportional zum Sicherheitsabstand verändert.

Voraussetzung für die Verwertbarkeit des Gefahrengesamtwertes (und der Gefahrenteilwerte) ist die laufende, Erfassung der relevanten Daten, insbesondere der Geschwindigkeit, der Verzögerung (bzw. Beschleunigung), der Zeit, der ABS-Funktion, des Bremsdrucks und des Abstandes zum nachfolgenden Fahrzeug sowie die Verarbeitung der Daten zu Gefahrenteilwerten, die Integration und Errechnung des Gefahrengesamtwertes, die Speicherung desselben sowie die laufende Aktualisierung durch laufende Speicherung und Löschung weiterer Daten. Die Messung von Geschwindigkeit und Zeit erfolgt zweckmäßigerweise nach dem Stand der Technik elektronisch. Für die Messung von Bremsverzögerung und Beschleunigung stehen neuerdings relativ preiswerte elektronische Geräte zur Verfügung; die ABS Funktion kann direkt aus dem ABS-Steuergerät übertragen werden und für die Messung des Abstandes des nachfolgenden Fahrzeugs steht das bekannte Abstandsradar zur Verfügung. Die Verarbeitung der erfaßten Daten zur Ermittlung der Gefahrenteilwerte ΔG und des jeweiligen Gefahrengesamtwertes ΣG erfolgt nach den gewünschten und empirisch optimierten Funktionen in einem Computer. Dieser übernimmt auch die laufende sehr schnelle Aktualisierung mit den sich laufend und sehr schnell verändernden Eingabedaten. Entscheidend ist, außer der sinnvollen Verknüpfung der einzelnen Daten über die oben beschriebenen Funktionen zu einem Gefahrengesamtwert ΣG , insbesondere auch die sinnvolle Aktualisierung des Gefahrengesamtwertes.

Erfindungsgemäß erfolgt dies dadurch, daß bei jeder Verzögerung, zumindest bei Verzögerungen über einem bestimmten Mindestwert, die jeweiligen Gefahrenteilwerte ΔG ermittelt und zum jeweils aktuellen Gefahrengesamtwert ΣG integriert und im Computer gespeichert werden. Die Höhe des jeweils gespeicherten aktuellen Gefahrengesamtwertes ist dann maßgeblich für die Intensität der Warnung für den Fahrer des nachfolgenden Fahrzeugs durch das Verzögerungswarnlicht. Daraus ergibt sich der entscheidende Vorteil, daß eine Warnung erfolgt, solange ein Gefahrengesamtwert gespeichert ist. Die Intensität der Warnung ist zweckmäßigerweise nach einer bestimmten Funktion an die Höhe des gespeicherten Gefahrengesamtwertes gekoppelt. Die Abschaltung der Warnung erfolgt also nicht wie bisher dadurch, daß durch Wegnehmen des Fußes vom Bremspedal gleichzeitig das Bremslicht erlöscht, obwohl die durch das Abbremsen erzeugte Differenzgeschwindigkeit und damit die Gefahr noch besteht. Vielmehr bleibt durch die Speicherung des Gefahrengesamtwertes auch die Verzögerungswarnanlage in Betrieb, so daß der noch vorhandenen Gefahr durch eine entsprechende Warnung entsprochen wird.

Damit aber bei der Verminderung der Gefahr auch die Intensität der Warnung vermindert wird, werden bei der erfindungsgemäßen Verzögerungswarnanlage auch Beschleunigungen des Fahrzeugs berücksichtigt, weil ja auch durch eine auf einen Bremsvorgang folgende Beschleunigung des Fahrzeugs die Gefahr eines Auffahrunfalles wieder vermindert wird. Da es sich bei einer Beschleunigung um eine negative Verzögerung handelt, erfolgt die Datenverarbeitung im Computer zweckmäßigerweise nach den gleichen Funktionen, so daß bei einer Beschleunigung des Fahrzeugs durch Integration negativer Gefahrenteilwerte $-\Delta G$ nach und nach eine Löschung des gespeicherten Gefahrengesamtwertes ΣG eintritt. Zweckmäßigerweise sollte dabei vorgesehen werden, daß kein negativer Gefahrengesamtwert gespeichert werden kann, da von einem fahrenden Fahrzeug immer eine positive Gefahr ausgeht und ansonsten z. B. beim Abbremsen eines eben gestarteten Fahrzeugs der Warneffekt durch einen negativen gespeicherten Gefahrengesamtwert unterdrückt würde, was sich gefahren erhöhend auswirken würde.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anlage erfolgt auch eine Löschung des gespeicherten Gefahrengesamtwertes durch Zeitablauf. Dies kann entweder ganz einfach durch zeitabhängige Löschung des gespeicherten Wertes in konstanten Stufen erfolgen. Zweckmäßigerweise wird aber die Zeitspanne für die Löschung an der Höhe des gespeicherten Gefahrengesamtwertes bzw. während der Löschung an der Höhe des Restwertes gemessen. Daraus ergibt sich der Vorteil, daß z. B. nach Abbremsungen aus geringer Geschwindigkeit die Nachwarnzeit durch schnellere Löschung viel kürzer ist als nach Abbremsung aus hoher Geschwindigkeit, wodurch der erhöhten Gefahr auf der Autobahn Rechnung getragen wird. Auch bei starker Abbremsung erhöht sich aufgrund der Berücksichtigung der Bremsverzögerung der Gefahrenwert und damit die Nachwarnzeit.

Besonders wichtig ist dies bei Auffahrunfällen (welche sich trotz der erfindungsgemäßen Warnanlage, wenn auch in verminderter Anzahl und abgeschwächter Form, ereignen werden), da sich durch die extrem hohe Verzögerung während des Aufpralles der Gefahrengesamtwert im Computer des aufprallenden Fahrzeuges extrem erhöhen wird. Dies führt, unabhängig davon, ob es sich um einen abgebremsen oder ungebremsten Auffahrunfall handelt, sofort zu einer Auslösung der intensivsten Stufe der Warnung mit einer sehr langen Nachwarnzeit.

Die Löschungsdauer des gespeicherten Gefahrengesamtwertes kann z. B. so programmiert werden, daß sie proportional zur Höhe des Gefahrengesamtwertes bzw. proportional zu der des Gefahrenrestwertes ist. Daraus ergibt sich eine konstante Geschwindigkeit der Löschung.

Zur Verdeutlichung seien hier einige wichtige Fallbeispiele wiedergegeben.

$$\Sigma G = \int_0^t b^2 dt$$

Annahme: $b_1 = \text{konstant} = 1 \text{ m/sec}^2$ (z. B. Auslaufenlassen ohne Bremse)

$b_2 = \text{konstant} = 8 \text{ m/sec}^2$ (= Notbremsung)

$b_3 = 10 \text{ bis } 450 \text{ m/sec}^2$ (= Auffahrunfall)

t in Sekunden

$v_{0A} = 60 \text{ m/sec}$ (= Autobahn 216 km/Std)
 $v_{0B} = 30 \text{ m/sec}$ (= Bundesstraße 108 km/Std)
 $v_{0S} = 10 \text{ m/sec}$ (= Stadtverkehr 36 km/Std)
 $v_{0K} = 1 \text{ m/sec}$ (= Kriechverkehr 3,6 km/Std)
 Abbremsung von v_0 bis zum Stand.

5

Wählt man beispielsweise eine Warndauer (in Sekunden), welche dem jeweils restlichen Zahlenwert der ΣG (in m^2/sec^3) entspricht, so ergeben sich etwa folgende Warnzeiten (in welchen die Warnzeiten während der Verzögerung bereits enthalten sind, die aber nur bei geringen Verzögerungen Bedeutung haben).

10

Geschwindigkeit v_0 in km/h		gespeicherter Gefahrenwert: hier zahlengleich mit der		
		Nachwarnzeit bei $b_1 = 1 \text{ m/sec}^2$	Nachwarnzeit bei $b_2 = 8 \text{ m/sec}^2$	Nachwarnzeit nach $b_3 = \text{Auffahrunfall}$
Autobahn	216 km/h	60 sec	500 sec = 8 min	25.000 sec = 400 min
Bundesstr.	108 "	30 "	250 " = 4 min	6.000 " = 100 min
Stadtverkehr	36 "	10 "	80 " = 1.3 min	600 " = 10 min
Kriechverk.	3,6 "	1 "	8 " = 0,1 min	6 " = 0,1 min

15

20

Natürlich ist es ggf. zweckmäßig, diese Warnzeiten empirisch zu optimieren und durch andere Funktionen entsprechend anzupassen. Nach der jeweiligen Zeit schaltet das Warngerät dann ganz ab, nachdem es schon vorher, entsprechend der abnehmenden Höhe des noch gespeicherten Gefahrenrestwertes mit rückläufiger Intensität gewarnt hat.

25

Die Löschung des gespeicherten Gefahrengesamtwerkes durch Zeitablauf kann aber grundsätzlich auch nach anderen Funktionen ablaufen; dies ist lediglich eine Frage der theoretischen und empirischen Optimierung. Bei einer zweckmäßigen Variante wird die jeweilige Geschwindigkeit der Löschung am noch gespeicherten Gefahrenrestwert gemessen, so daß die Löschung am Anfang rasch erfolgt, mit abnehmenden Restwert aber nicht linear sondern nur asymptotisch abnimmt. Der Vorteil ist darin zu sehen, daß bei liegengebliebenen Fahrzeugen die Warnfunktion, wenn auch auf immer geringer werdendem Niveau, so doch ohne zeitliche Beschränkung aufrechterhalten wird.

30

Auch eine einfache Begrenzung der Löschung bei einem Mindest-Gefahrenrestwert ist möglich; diese Variante hat den Vorteil, daß die Gefahrenwarnung nach Erreichen des Restwertes ebenfalls auf Dauer mit einer Mindestintensität erfolgt.

35

Weiter ist es möglich, die Löschung in Abhängigkeit von der gefahrenen Geschwindigkeit oder in Abhängigkeit von einem geschwindigkeitsabhängigen Mindestabstand des nachfolgenden Fahrzeugs zu unterbrechen. Dies hat den Vorteil, daß beim Verzögern oder Bremsen nicht erst der Gefahrengesamtwert von Null aufgebaut werden muß, sondern von Anfang an entsprechend der latenten Gefahr aus Geschwindigkeit und/oder zu geringem Sicherheitsabstand gespeichert ist. Dadurch erfolgt die Steigerung zur intensiven Warnung im Falle einer Verzögerung schneller.

40

Bei der beschriebenen Ausführung ist es möglich, daß bei Erreichen der oben beschriebenen Restwerte durch Löschung die Warnfunktion abgeschaltet wird. Dies hat den Vorteil einer Beschränkung der Warnung auf die dringenderen Fälle. Es ist aber auch möglich, die Warnfunktion nicht zu unterbrechen und sogar die Warnung zuerst weniger intensiv und dann immer intensiver in Gang zu setzen, je stärker ein nachfolgendes Fahrzeug den geschwindigkeitsabhängigen Sicherheitsabstand unterschreitet.

45

Bei einer vorteilhaften Ausführungsvariante wird die Löschung durch Zeitablauf unterbrochen, solange positive Gefahrenteilwerte eingespeichert werden; dies schließt eine negative Beeinflussung von Speicherung und Löschung aus und ermöglicht eine schnellere Speicherung der erforderlichen Gefahrenwerte.

50

Bei einer anderen Variante läuft die Löschung durch Zeitablauf weiter — solange löschrare Werte gespeichert sind — also auch während der Zeitphase der Verzögerung. Dabei muß aber die Löschung durch Zeitablauf, wie in allen anderen Fällen deutlich langsamer erfolgen als die Einspeicherung durch Ausrollenlassen des Fahrzeugs, da sonst dabei die positiven Gefahrenteilwerte durch gleich große Löschungen kompensiert würden, obwohl sich aus der entstehenden Geschwindigkeitsdifferenz eine Gefahr aufbaut. Bei den Beispielen der auf Seite 8 unten wiedergegebenen Tabelle hat sich nämlich bei der Verzögerung von 1 m/sec^2 in jedem der vier angegebenen Fälle die Einspeicherung genau in dem Zeitraum vollzogen, welcher der Nachwarnzeit entspricht. Bei der relativ geringen Verzögerung von 1 m/sec^2 würde sich also bei gleichzeitiger Löschung durch Zeitablauf im Speicher kein Gefahrenwert mehr aufbauen. In diesem Falle wäre also die Verzögerung von 1 m/sec^2 die unterste Schwelle, bei welcher die Anlage anfangen zu arbeiten. Aus dieser Überlegung ergibt sich, daß entweder die Löschung während der Einspeicherung ganz unterbrochen werden muß oder die Löschgeschwindigkeit während der Speicherung zumindest auf einen Bruchteil der Einspeicher-Geschwindigkeit beschränkt sein muß.

55

60

Durch Steuerung nach einer anderen Funktion (langsamere Löschung) oder bei Abschaltung der Löschung während der Einspeicherung kann also die unterste Schwelle der Verzögerung, bei welcher eine Speicherung stattfindet, auch viel tiefer, so z. B. auf eine Verzögerung von nur $0,05 \text{ m/sec}^2$ gelegt werden. Dieser Schwellenwert kann aber auch in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit und/oder in Abhängigkeit vom mittleren Bremsdruck beim Ansprechen des ABS programmiert werden. Dies hat den Vorteil, daß er auch bei Glatteis

65

noch deutlich unter der dann sehr geringen Verzögerung von z. B. nur 0,05 m/sec² liegt.

Was die Warnung des Fahrers des nachfolgenden Fahrzeugs betrifft, so liegt die erfindungsgemäße Lösung der Aufgabe darin, die Intensität der Warnung von der Höhe der Gefahr eines möglichen Auffahrunfalles abhängig zu machen. Dies ist, wie bereits oben beschrieben, durch Ermittlung und Speicherung eines jeweils aktuellen Gefahrengesamtwertes möglich, dessen augenblickliche Höhe der jeweilige Maßstab für die Intensität der Warnung ist.

Wie bereits oben beschrieben erfolgt die Warnung zweckmäßigerweise durch ein oder mehrere blinkende Warnlichter. Im Unterschied zu dem bekannten Stand der Technik erfolgt die Auslösung der blinkenden Warnlichter nicht erst durch das Bremspedal sondern schon durch Verzögerung allein, sobald ein bestimmter Gefahrschwellenwert erreicht wird. Bei einer vorteilhaften Ausführungsform ist der Gefahrschwellenwert zusätzlich in Abhängigkeit vom mittleren Bremsdruck beim Ansprechen des ABS abhängig, so daß z. B. in der gefährlichen Situation auf Glatteis eine wesentlich frühere Auslösung der Warnung erfolgt als bei normalen Straßenzustand.

Dieser Schwellenwert muß sehr niedriger liegen, um auch geringfügige Auffahrunfälle bei Kriechgeschwindigkeit zu vermeiden. Bei einer vorteilhaften Ausführungsform des Warngerätes ist der Gefahrschwellenwert geschwindigkeitsabhängig programmiert, um eine Reizüberflutung im Schnellverkehr zu vermeiden, bei welchem es ja in erster Linie um die Vermeidung schwerer und schwerster Auffahrunfälle aus großen Abständen und mit hohen Differenzgeschwindigkeiten geht. Bei einer vorteilhaften Ausführungsform ist der Gefahrschwellenwert zusätzlich vom mittleren Bremsdruck beim Ansprechen des ABS abhängig, so daß z. B. in der gefährlichen Situation auf Glatteis eine wesentlich frühere Auslösung der Warnung erfolgt als bei normalem Straßenzustand.

Erfindungsgemäß wird außerdem je nach Höhe des gespeicherten Gefahrengesamtwertes die Blinkdauer und Blinkfrequenz und damit die Intensität der Warnung variiert. Dabei stehen mehrere Möglichkeiten zur Auswahl: Bei der ersten Variante wird das Verzögerungswarnlicht durch Überschreitung des Gefahrschwellenwertes eingeschaltet. Bei Erhöhung des Gefahrengesamtwertes erfolgt in bestimmten Abständen eine kurze Unterbrechung (Erlöschen des Warnlichtes). Bei weiterer Erhöhung des Gefahrengesamtwertes folgen die kurzen, in sich gleich langen Unterbrechungen in immer kürzeren Abständen aufeinander, wie dies in Fig. 1 dargestellt ist. Die Pausen haben z. B. eine Dauer von einer Sekunde; ein günstiger Praxiswert muß durch empirische Optimierung festgestellt werden. Die maximal sinnvolle Intensität ist dabei einerseits technisch durch die Abkühlungs- und Aufheizgeschwindigkeit der Lampe begrenzt, andererseits physiologisch dadurch, daß zu schnelles Blinken mehr und mehr als Dauerlicht und deshalb nicht mehr als weitere Intensivierung wahrgenommen wird. Der Vorteil dieser Ausführungsvariante liegt darin, daß sie dem herkömmlichen Bremslicht eng verwandt ist und daß ein relativ großer Regelbereich von z. B. 1 : 5 möglich ist, da es keine langen Pausen gibt. Der Nachteil liegt darin, daß das bereits durch geringe Verzögerung ausgelöste Dauerlicht, wie bisher auch, gleich einen recht hohen Warneffekt auslöst, ohne daß dies erforderlich ist; das bedeutet, daß eine sehr geringe Warnintensität durch Blinken nicht möglich ist.

Bei der zweiten Variante, deren Charakteristik in Fig. 2 dargestellt ist, blinkt bei Überschreitung des Grenzwertes das Verzögerungswarnlicht einmal kurz auf, z. B. eine Sekunde lang, worauf eine längere Pause folgt. Bei Erhöhung des Gefahrengesamtwertes verkürzen sich dann die Pausen zwischen den Leuchtphasen konstanter Länge solange, bis die Leuchtphasen und die Pausen etwa gleich lang sind. Der Vorteil dieser Variante liegt darin, daß die Intensität der Warnung bei einem geringeren Gefahrengesamtwert durch das nur kurze Aufblinken auch angemessen gering ist. Dies ist einerseits bei allen Geschwindigkeiten vorteilhaft, da durch kurze schwache Verzögerungen nicht gleich Warnungen mit relativ hoher Intensität ausgelöst werden. Andererseits liegt der Nachteil dieser Variante darin, daß die Pausen auf eine Dauer von ca. maximal 3 sec beschränkt sein müssen, während der ja keine Warnung stattfindet. Dies ist insbesondere bei geringer Warnintensität im Kriech- und Stadtverkehr der Fall, weniger im Schnellverkehr, da hier bei geringer Intensität mehr Zeit zur Verfügung steht. Bis zum Erreichen gleich langer Leuchtphasen und Pausen von je 1 Sekunde ergibt sich deshalb nur ein Regelbereich von 1 : 2.

Bei einer dritten Variante, welche in Fig. 3 dargestellt ist, sind die Leuchtphasen und Pausen immer gleich oder annähernd gleich lang und werden mit zunehmendem Gefahrengesamtwert immer kürzer, so daß die Frequenz entsprechend steigt. Dies hat den Vorteil, daß bei gleichlangen Hell-Dunkel-Phasen die physiologische Wirkung der Frequenzsteigerung stärker ist, als wenn die Frequenz nur durch Verkürzung der Hell- oder der Dunkelphasen gesteigert wird. Dies ist besonders wichtig im Bereich hoher Gefahrengesamtwerte. Außerdem hat diese Variante den Vorteil eines sehr hohen Regelbereiches von ca. 1 : 12 wenn man mit Pausen von maximal 3 Sekunden beginnt und bis zu einer Frequenz von 2 pro Sekunde steigert. Dies ist mit Leuchtdioden noch gut möglich, da diese bereits nach ca. 0,1 sec ihre volle Lichtleistung erreichen und auch schnell wieder erlöschen. Physiologisch ist der Halbsekundentakt ebenfalls schon sehr auffällig: eine begrenzte Steigerung der Frequenz ist wohl noch sinnvoll.

Eine vierte Variante besteht in einer Kombination der zweiten und dritten Variante und ist in Fig. 4 dargestellt. Dabei erfolgt die Steigerung der Intensität im Bereich geringer bis mittlerer Gefahrengesamtwerte nach dem System der Variante 1 mit sich verkürzenden Hellphasen. Sobald dann Hell- und Dunkelphasen gleich lang sind, z. B. je 1 Sekunde, verkürzen sie sich bei weiterer Steigerung des Gefahrengesamtwertes nach dem System der Variante 3, also im Gleichtakt von Hell- und Dunkelphase. Die weitere Frequenzsteigerung ist dann, wie oben beschrieben, nur technisch und physiologisch begrenzt und hat wohl mit einer Frequenz von 3 bis 4 pro Sekunde ihr Intensitätsmaximum erreicht. Der Vorteil dieser Variante liegt insbesondere darin, daß sie die Vorteile der Varianten 1 und 3 kombiniert und einen Regelbereich von etwa 1 : 20 ermöglicht.

In Fig. 5 ist eine weitere Variante dargestellt, nämlich im Bereich geringer Intensität als Zwischenlösung zwischen Variante 1 und 3 mit z. B. 2/3 Hell- und 1/3 Dunkelphase von max. 3 sec Dauer. Bei Erreichen einer

Dunkelphase von 1 sec Dauer erfolgt dann der Übergang auf Variante 3 mit gleichlangen Hell- und Dunkelphasen. Auch bei dieser Variante ergibt sich ein großer Regelbereich von z. B. 1 : 18.

Bei einer anderen vorteilhaften Weiterentwicklung beginnt die Warnung immer mit einer Hellphase, wie dies auch in Fig. 1 bis 5 dargestellt ist, sobald der Gefahrenschwellenwert überschritten wird. Der Vorteil liegt in der unverzüglichen Umsetzung der Gefahr in eine Warnung, was bei Beginn der Warnung mit einer Pause nicht der Fall wäre.

In der Praxis ist der nutzbare Regelbereich des in einem variablen Rhythmus blinkenden Warnlichtes dadurch beschränkt, daß eine Blinkfrequenz von etwa 1 bis 1,5 pro Sekunde bei Glühlampen und 2 bis 3 pro Sekunde bei Leuchtdioden schlecht überschritten werden kann. Auch eine Absenkung der Frequenz unter 1/10 pro Sekunde oder eine Vergrößerung der Pausen auf viel mehr als 3 Sekunden wird zunehmend zum Verlust eines sinnvollen Warneffektes führen. Der sich daraus ergebende Regelbereich liegt dann, wie oben für Variante 1 bis 3 erläutert, bei 1 : 2 bis 1 : 12 und bei Kombinationen bei 1 : 20. Trotzdem ist ein noch viel breiterer Regelbereich für die Intensität erforderlich, damit bei kleinen Gefahrengesamtweiten im Kriechverkehr die Warnintensität noch ausreichend hoch ist, trotzdem aber die höchsten Warnstufen nach einer Notbremsung oder einem Auffahrunfall auf der Autobahn noch eine hohe Steigerungsmöglichkeit besteht. Die Tabelle auf Seite 8 zeigt, daß bereits zwischen dem untersten erforderlichen Gefahrenwert von 1 (bei $v_0 = 1$ m/sec und $b = 1$ m/sec²) und dem obersten Wert ohne Auffahrunfall von 500 (bei $v_0 = 60$ m/sec und $b = 8$ m/sec²) ein Verhältnis von 1 : 500 besteht. Daraus wird deutlich, daß die Intensitätsregelung durch die Blinkfrequenz allein bei weitem nicht ausreicht. (Zu der Tabelle ist zu erläutern, daß die Nachwarnzeit in Sekunden gleichgesetzt wurde mit dem Zahlenwert des Gefahrengesamtwertes).

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß auch die Helligkeit des Verzögerungswarnlichtes in Abhängigkeit vom Gefahrengesamtwert geregelt wird. Auch hier ist eine untere Grenze gesetzt, unter welcher eine sinnvolle Warnung nicht zustande kommt, da diese nur durch plötzliches Einschalten eines Lichtes überhaupt eintritt. Die Helligkeit kann jedoch bei hohen Gefahrenwerten auch sehr weit gesteigert werden, da bei höchster Gefahr eine gewisse Blendung zugunsten einer verbesserten Warnung in Kauf genommen werden kann. Ein Regelbereich von 1 : 10, möglicherweise auch weit mehr, kann als realistisch angesehen werden. Multipliziert man dies mit dem Regelbereich der Blinkfrequenz von z. B. 1 : 20 so ergibt sich schon ein Regelbereich von 1 : 200, der zwar schon hilfreich aber trotzdem noch verbesserungswürdig ist.

Eine weitere erfindungsgemäße Verbesserung ergibt sich aus der Größe der leuchtenden Fläche. Durch die Anzahl von Glühlampen oder von Leuchtdioden kann die Fläche in hohem Maße variiert werden: mit Glühlampen z. B. ohne Schwierigkeiten im Bereich von 1 : 10 mit Leuchtdioden z. B. im Bereich von 1 : 100.

Daraus ergibt sich nun insgesamt durch Multiplikation mit dem oben genannten Bereich von 1 : 200 ein Gesamtbereich von 1 : 2000 bis 1 : 20 000. Dabei ist es nicht unbedingt erforderlich, daß dies stufenlos oder in engen Stufen gesteuert wird, wenngleich dies technisch problemlos möglich ist. Viel wichtiger ist es, daß trotz schwacher Intensität bei geringer Gefahr auch noch eine Steigerung zu einer Warnung von höchster Intensität möglich ist. Aus der letzten Spalte der Tabelle auf Seite 8 ist ersichtlich, daß es bei Auffahrunfällen aus hoher Geschwindigkeit zu Gefahrengesamtweiten von z. B. 25 000 kommen kann. Bei der erfindungsgemäßen Lösung ist außerdem zu berücksichtigen, daß die physiologische Wahrnehmbarkeit von optischen Eindrücken überwiegend nach logarithmischen Funktionen verläuft, daß also z. B. 20fache Lichtleistung nicht etwa als 20fache Helligkeit empfunden wird und deshalb auch die Lichtempfindlichkeit des menschlichen Auges einen Regelbereich von ca. 1 : 10 000 abdeckt.

Eine weitere Erweiterung der Regelung der Helligkeit wird erfindungsgemäß in Abhängigkeit von der Umgebungshelligkeit vorgeschlagen. Dies hat den Vorteil, daß im Sonnenlicht die Warnlichter auch bei niedriger Leistungsstufe noch ausreichend gut sichtbar sind, bei Nacht aber — außer bei Notbremsungen und Auffahrunfällen — keine Blendung eintritt.

Eine weitere Verbesserung der erfindungsgemäßen Warnanlage besteht darin, die Verzögerungswarnlichter so anzuordnen und zu gestalten, daß Verwechslungen mit den Fahrzeugsrücklichtern oder den Blinklichtern für die Fahrtrichtungsanzeige vermieden werden. Grundsätzlich ist der Warneffekt durch das Brems- oder Verzögerungslicht viel wichtiger als die Anzeige des vorgesehenen Richtungswechsels, da der Verzögerungsvorgang i.d.R. ohne Rücksichtnahme und ohne jede Vorwarnung der nachfolgenden Verkehrsteilnehmer ausgelöst wird und außerdem eine unmittelbare Gefahrenerhöhung durch Erzeugung einer Differenzgeschwindigkeit darstellt. Demgegenüber hat die Richtungsanzeige für den nachfolgenden Verkehr mehr den Sinn einer Information, gleichwohl aber auch eine gewisse Warnfunktion vor einem möglicherweise folgenden Bremsvorgang. Außerdem darf — ganz im Gegensatz zum Bremsvorgang — ein Richtungswechsel nur erfolgen, wenn dadurch ein nachfolgendes Fahrzeug nicht gefährdet oder zu einer Reaktion gezwungen wird. Ein Abbiegen eines gleichschnellen vorausfahrenden Fahrzeugs ist zudem völlig gefahrlos, wenn es ohne Bremsvorgang (z. B. an einem Autobahnabzweig) vor sich geht. Obwohl also die Verzögerungswarnung für nachfolgende Fahrzeuge weit wichtiger ist, als die Richtungsanzeige, sollte eine Verwechslung beider vermieden werden und dies umso mehr, je höher die Intensität der Verzögerungswarnung ist.

Die erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe erfolgt dadurch, daß die Verzögerungswarnlichter nicht — wie heute üblich — möglichst formschön in den beiden Heckleuchtenkombinationen integriert sind sondern in Form von zwei getrennt angeordneten Lichtleisten. Entsprechend dem Vorschlag, mit steigendem Gefahrengesamt-wert auch die leuchtende Fläche zu vergrößern, kann auch die Länge zweier Lichtleisten vergrößert werden. Mit kleinen Glühlampen, besonders aber mit Leuchtdioden ist dies nach Fig. 6a, z. B. zwischen der Stoßstange und der Unterkante des Kofferraumdeckels, nach Fig. 6b an der Unterkante der Heckscheibe oder nach Fig. 6c an deren Oberkante platzsparend möglich. Bei kleinen Gefahrengesamtweiten blinken nur die äußeren Teile der Lichtleisten; bei größeren Gefahrengesamtweiten verlängern sich diese in Richtung zur Fahrzeugmitte und bei hohen oder höchsten Gefahrengesamtweiten vereinigen sie sich in Fahrzeugmitte, wie dies in Fig. 7a bis 7f

dargestellt ist. Durch die räumliche Trennung von den übrigen Lichtern und durch die Leistenform wird die Gefahr der Verwechslung mit einem Fahrtrichtungsblinklicht umso kleiner, je größer der Gefahrengesamtwert und je länger deshalb die blinkenden Teile der beiden Lichtleisten sind. Die Lichtleisten haben zudem den Vorteil, daß die Intensität der Warnung auffällig signalisiert wird und daß sie, besonders im Zustand hoher

Intensität, optisch und physiologisch wie Absperrschranken wirken.

Ausführungsbeispiele der Erfindung wurden anhand der beigefügten Zeichnung bereits in der Beschreibung erläutert.

In den Zeichnungen zeigt

Fig. 1 Die Blink-Charakteristik mit langen Leuchtphasen und kurzen konstanten Pausen sowie steigender Frequenz.

Fig. 2 Die Blink-Charakteristik mit kurzen konstanten Leuchtphasen und langen variablen Pausen sowie steigender Frequenz.

Fig. 3 Die Blinkcharakteristik mit gleich langen Leuchtphasen und Pausen sowie steigender Frequenz.

Fig. 4 Die zeitlich aufeinanderfolgende Kombination der Charakteristik nach Fig. 1 und 3.

Fig. 5 Eine weitere Charakteristik in Form einer anderen Kombination.

Fig. 6a Die Anordnung vieler Verzögerungslichter die, als Lichtleiste zwischen Stoßstange und Kofferraumdeckel angeordnet ist.

Fig. 6b Eine Lichtleiste an der Unterkante des Heckfensters.

Fig. 6c Eine Lichtleiste über dem Heckfenster.

Fig. 7a bis 7f Die blinkenden Teile zweier Lichtleisten bei geringer Intensität der Warnung (Fig. 7a) in mehreren Stufen bis zu hoher Intensität der Warnung (Fig. 7f).

Patentansprüche

1. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren für deren Steuerung zur Reduzierung der Gefahr von Auffahrunfällen im Straßenverkehr oder bei sonstigen Bewegungsvorgängen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Intensität der Warnung durch die Verzögerungswarnanlage eines vorausfahrenden Fahrzeugs (nach bestimmten Funktionen) abhängig ist von der Höhe des Gefahrenwertes G, der von diesem Fahrzeug ausgeht und für nachfolgende Fahrzeuge wirksam werden kann.

2. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Warnung durch ein Verzögerungswarnlicht erfolgt, welches intermittierend aufleuchtet.

3. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhe des Gefahrengesamtwertes ΣG abhängig ist von der Höhe der augenblicklichen und/oder vorangegangenen Höhe der Verzögerung b.

4. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Gefahrengesamtwert ΣG abhängig ist von der Dauer t der vorangegangenen Verzögerung b.

5. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Gefahrengesamtwert ΣG abhängig ist von einer Funktion der Verzögerung b und der Zeit t z. B. dem Produkt b x t, welches festgestellt wird in Form eines Integrals der veränderlichen Verzögerung b über den Zeitraum t

$$z.B.: \Sigma G = \int_0^t b \, dt$$

6. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verzögerung b und/oder der Zeitraum t verstärkt oder abgeschwächt berücksichtigt werden.

$$z.B.: \Sigma G = \int_0^t b^2 \, dt$$

7. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhe der vor der Bremsverzögerung gefahrenen Geschwindigkeit (durch eine Konstante oder einen Faktor) verstärkend berücksichtigt wird.

$$\text{z.B.: } \Sigma G = v^2 + \int_0^t b^2 dt \quad \text{oder} \quad \Sigma G = v^2 \times \int_e^t b^2 dt$$

5

8. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß während des Ansprechens des Antiblockiersystems die Begrenzung des hydraulischen Bremsdruckes verstärkend berücksichtigt wird. 10
9. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß durch ein Abstandsradar am Heck des Fahrzeugs der Abstand des nachfolgenden Fahrzeugs in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit berücksichtigt wird.
10. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Gefahrengesamtwert ΣG durch laufende Registrierung, Integration und Speicherung neu hinzukommender Gefahrenteilwerte ΔG erhöht und aktualisiert wird. 15
11. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Gefahrengesamtwert ΣG durch Integration negativer Gefahrenteilwerte $-\Delta G$ vermindert und aktualisiert wird.
12. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Speicherung negativer Gefahrengesamtwerte unterdrückt wird. 20
13. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Löschung des gespeicherten Gefahrengesamtwertes durch Zeitablauf erfolgt.
14. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Löschung in einer bestimmten Funktion nach der Zeit oder in Abhängigkeit von dem jeweiligen Gefahrenrestwert erfolgt. 25
15. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Löschung bei einem bestimmten noch gespeicherten Gefahrenrestwert unterbrochen wird.
16. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Löschung in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit oder von der ABS-Funktion bei einem bestimmten noch gespeicherten Gefahrenrestwert unterbrochen wird. 30
17. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Löschung in Abhängigkeit von einem bestimmten geschwindigkeitsabhängigen Mindestabstand des nachfolgenden Fahrzeugs unterbrochen wird. 35
18. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Löschung dauernd in Funktion ist oder bei Einspeicherung positiver Gefahrenteilwerte ΔG unterbrochen wird.
19. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Auslösung der Warnung erst durch Überschreitung eines geschwindigkeitsabhängigen Grenzwertes des gespeicherten Gefahrengesamtwertes eintritt. 40
20. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Auslösung der Warnung durch ein nach rückwärts gerichtetes Abstandsradar erfolgt in Abhängigkeit von der Unterschreitung des geschwindigkeitsabhängigen Mindestabstandes zum nachfolgenden Fahrzeug. 45
21. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verzögerungswarnlicht kurze gleichbleibende Dunkelphasen und ungleich lange Hellphasen aufweist, welche bei Erhöhung des Gefahrengesamtwertes (kontinuierlich oder abgestuft) kürzer werden.
22. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verzögerungswarnlicht kurze gleichbleibende Hellphasen und ungleich lange Dunkelphasen aufweist, welche bei Erhöhung des Gefahrengesamtwertes (kontinuierlich oder abgestuft) kürzer werden. 50
23. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verzögerungswarnlicht gleich lange Hell- und Dunkelphasen aufweist, welche bei Erhöhung des Gefahrengesamtwertes (kontinuierlich oder abgestuft) im Gleichtakt kürzer werden. 55
24. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Charakteristik der Hell- und Dunkelphasen aus einer gleichzeitigen Kombination der Charakteristiken nach den Ansprüchen 21 und 23 oder 22 und 23 besteht.
25. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Charakteristik aus einer zeitlich aufeinanderfolgenden Kombination der Charakteristiken nach den Ansprüchen 21 und 23 oder 22 und 23 besteht. 60
26. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zu Beginn einer Warnung eine Hellphase ausgelöst wird.
27. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Helligkeit oder die Lichtstärke des Verzögerungswarnlichtes mit der Erhöhung des Gefahrengesamtwertes zunimmt. 65
28. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch

gekennzeichnet, daß die Anzahl der aufleuchtenden Verzögerungswarnlichter oder deren wirksame Oberfläche mit der Erhöhung des Gefahrengesamtwerthes zunimmt.

29. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verzögerungswarnlichter in Form von Lichtleisten angeordnet sind, deren leuchtende Länge mit der Erhöhung des Gefahrengesamtwerthes zunimmt.

30. Verzögerungswarnanlage und/oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Helligkeit des Verzögerungswarnlichtes von der Umgebungshelligkeit abhängig ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

Fig 1

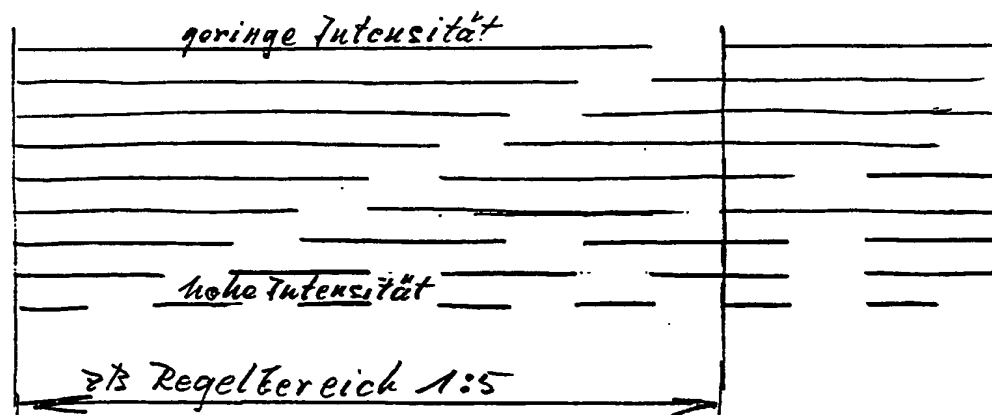


Fig 2

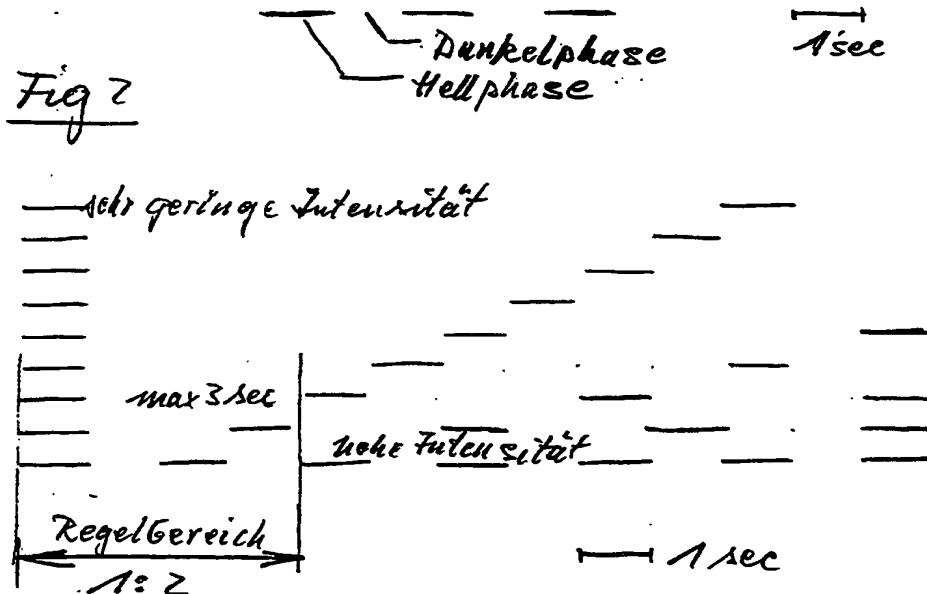


Fig 3

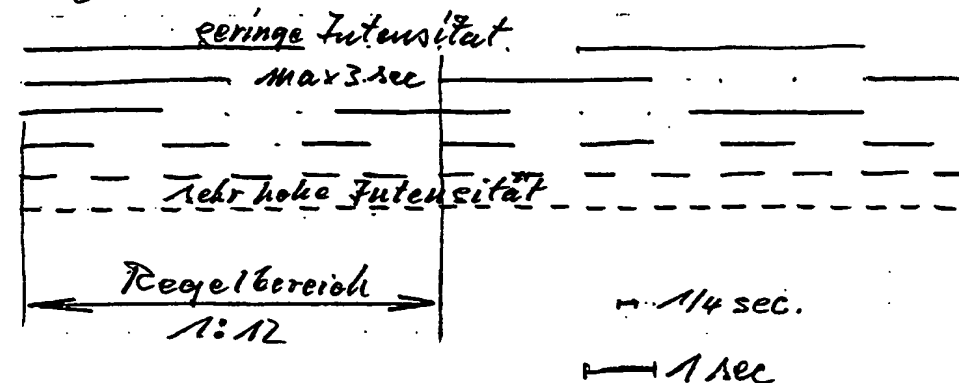


Fig 4

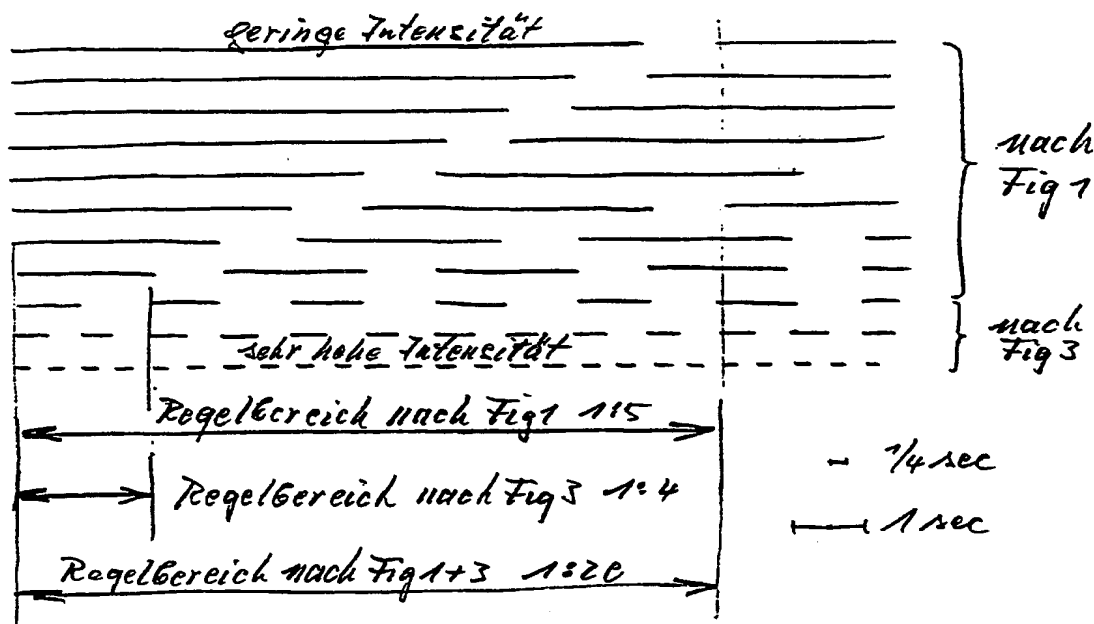
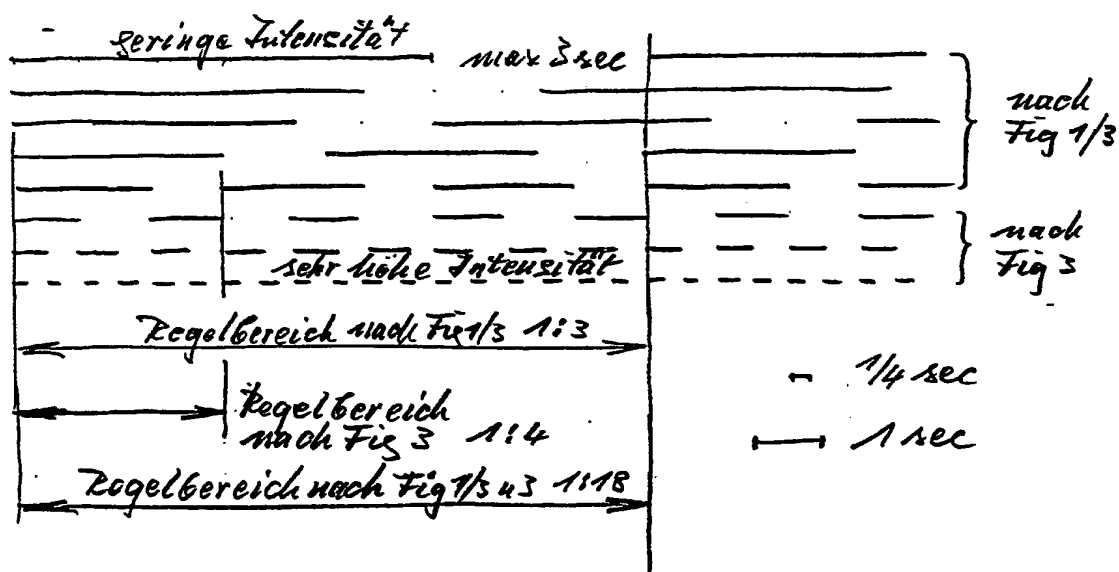
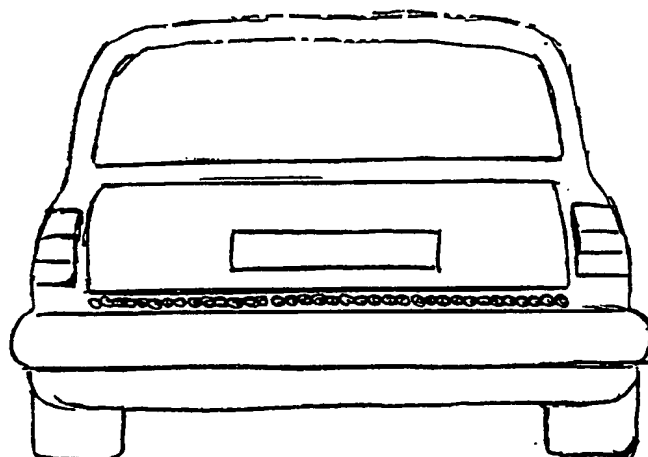


Fig 5





*Fig. 6a **

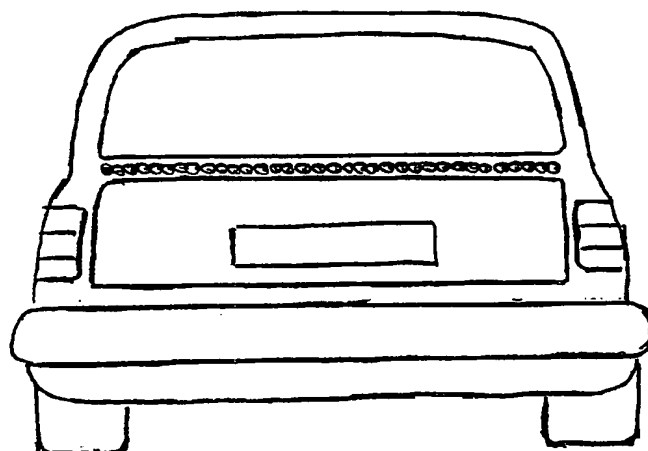


Fig 6b

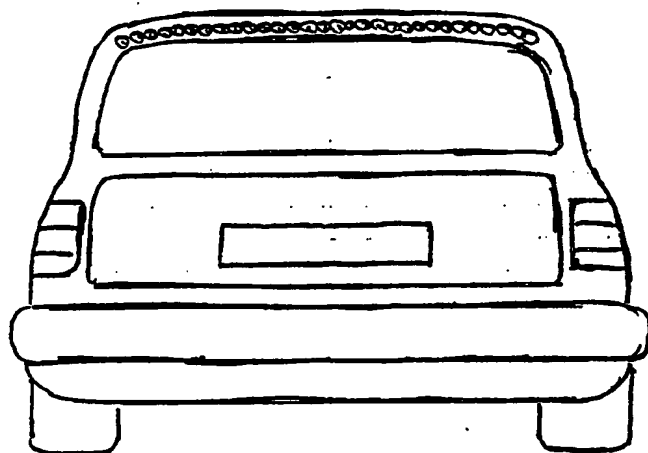


Fig 6c

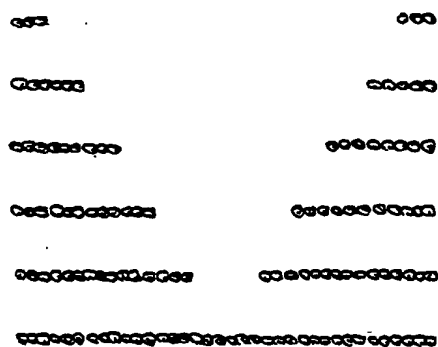


Fig 7a

7b

7c

7d

7e

7f